

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Konstrukce otočného reklamního potače

Design of a Slewing Billboard

Student:

Tomáš Mosler

Vedoucí bakalářské práce:

ing. aniel Pišťáček Ph.D

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

## **Zadání bakalářské práce**

Student:	<b>Tomáš Mosler</b>
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace:	40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma:	<b>Konstrukce otočného reklamního poutače</b> <b>Design of a Slewing Billboard</b>

Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh rotačního reklamního poutače dle zadaných podmínek. Zpracujte:

- přehled příkladů navržených konstrukcí reklamních poutačů v praxi
- koncepční návrh poutače
- návrhové a kontrolní výpočty.

Zadané podmínky:

- rotační reklamní poutač s tvarem blízkým krychli o straně 1 m, umístění ve venkovním prostředí na chodníku, výška max. 4 m
- nosná konstrukce svařovaná, popř. montovaná z kovových polotovarů a normalizovaných dílů, průsvitné reklamní plochy s možností vnitřního osvětlení, antikoroze ochrana konstrukce
- pohon elektromotorem s převodovkou, 1 x 230 V, otáčky poutače cca 2,5 ot/min.

Požadovaný rozsah práce

- hlavní textová část cca 30 stran
- v přílohách výkres sestavy (min. formát A1) a výrobní výkres vybraného dílu konstrukce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.
- KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
- MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2005. 72 s. ISBN 80-248-0878-1.
- LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2006. ISBN 80-7361-033-7.

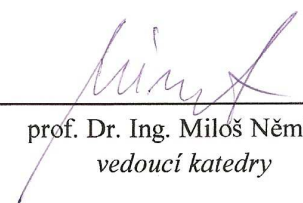
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



  
\_\_\_\_\_  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
*vedoucí katedry*

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
*děkan fakulty*

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

-byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35-užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60-školní dílo.

-beru na vědomí, že Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava (dále už jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

-souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

-bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

-bylo sjednáno, že užít své dílo-bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

-Beru na vědomí že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : .....2010

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Mosler

Adresa trvalého pobytu autora práce: Bohuslavice, Družstevní 178, 747 19

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Moslem T. Konstrukce otočného reklamního poutače : bakalářská práce. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2010, 58 s. Vedoucí práce: ing. Daniel Pošťáček, Ph.D.

Tato bakalářská práce řeší problém konstrukce otočného reklamního poutače. Nalézají se v ni několik druhů konstrukcí. Dále řeší pevnostní kontrolu konstrukce reklamní krychle, návrh motoru s převodovkou a řemenovým převodem. Také se v ni kontroluje napínání řemene, svar držící pouzdro ložiska, ve kterém je uloženo kuželíkové ložisko. Toto ložisko je taktéž kontrolováno na statickou únosnost. Dále se v této práci nalézá kontrola kluzného ložiska a v poslední řadě pevnostní kontrola nosného sloupu.

Po těchto kontrolách jsou popsány provozní pokyny a závěr.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

Moslem T. Construction rotary publicity eye-catcher: Bachelor Thesis. Ostrava : VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machina Parts and Mechanisms, 2010, 58 p. Thesis head: ing.Daniel Pošťáček, Ph.D.

The bachelor thesis deals with design of advertising rotating eye-catcher. The bachelor thesis includes several designs of construction. The thesis deals with the strength design of cube and design of motor with gear and belt transmission. In the bachelor thesis the belt tensioning, the weld holds the box bearings for conical bearing was checked. The conical bearing by the static bearing resistance was checked. The bachelor thesis includes checkup the plain bearing and supporting post. In the end the operation instructions and result was written.

## Obsah

1. Co je reklama	17
1.1 Historie	17
1.2 Cíle	17
1.3 Druhy	17
2. Úvod	18
2.1 Průzkum trhu	18
2.1.1 M.A.S. výroba osvětlovací techniky	18
2.1.2 SPEL Praha	19
3. Konstrukční řešení úkolu	21
3.1 Řešení se sloupovou konstrukcí	21
3.2 Řešení s konzolovou konstrukcí	22
4. Výpočet zatížení poutače	24
4.1 Zatížení od větru	24
4.2 Zatížení od sněhu	25
4.3 Zatížení od ledu	26
4.4 Celkové zatížení	26
5. Konstrukční návrh reklamní krychle	27
5.1 Rozložení zatížení na jednotlivé profily	27
5.1.1 Rozložení zatížení od ledu a sněhu	27
5.1.2 Rozložení zatížení od větru	29
6. Pevnostní kontrola profilu	30

6.1 Kontrola profilu a)	30
6.2 Kontrola profilu b)	32
7. Výpočet rozběhového momentu	34
7.1 Výpočet jednotlivých momentů setrvačnosti	34
7.2 Výpočet celkového momentu setrvačnosti	37
7.3 Výpočet rozběhového momentu	37
8. Výpočet řemenového převodu	38
9. Kontrola šroubu napínání řemenice	41
10. Kontrola svaru držící ložiskové pouzdro ke konstrukci krychle	43
11. Kontrola ložisek	45
11.1 Kontrola valivého ložiska	45
11.2 Kontrola kluzného ložiska na otlačení a oteplení	46
12. Kontrola nosného stožáru	47
12.1 Kontrola na vzpěr	48
12.2 Kontrola na ohyb a tlak	49
13. Provozní pokyny	50
14. Závěr	51



## Seznam použitých označení

Značka	Význam	jednotka
a	délka strany krychle	[m]
a <sub>led</sub>	délka strany ledu	[m]
a <sub>sne</sub>	délka strany sněhu	[m]
a <sub>st</sub>	vzdálenost mezi čepy ložisek	[mm]
a <sub>jve</sub>	vnější délka jáklového profilu	[m]
a <sub>jvn</sub>	vnitřní délka jáklového profilu	[m]
b	délka strany krychle	[m]
b <sub>led</sub>	délka strany ledu	[m]
b <sub>sne</sub>	délka strany sněhu	[m]
c	výška krychle	[m]
c <sub>led</sub>	výška nánosů ledu	[m]
c <sub>sne</sub>	výška nánosů sněhu	[m]
d <sub>2</sub>	střední průměr závitu	[mm]
d <sub>3</sub>	malý průměr závitu	[mm]
d <sub>č</sub>	průměr čepu	[mm]
d <sub>po</sub>	průměr ložiskového pouzdra	[mm]
d <sub>ř1</sub>	průměr malé řemenice	[mm]
d <sub>ř2</sub>	průměr velké řemenice	[mm]
e	eulerovo číslo	[-]
ed	vzdálenost plastových sedek od osy otáčení	[m]

et	vzdálenost profilu a) od osy otáčení	[m]
ev	vzdálenost profilu d) od osy otáčení	[m]
f	součinitel vláknového tření	[-]
fč	součinitel tření v třecím ložisku	[-]
fk	součinitel tření v klínové drážce	[-]
fo	součinitel suchého tření nového řemene	[-]
fš	součinitel tření v závitě šroubu	[-]
g	gravitační zrychlení	$[\frac{m}{s^2}]$
i <sub>12</sub>	převodový poměr	[-]
k	součinitel prokluzu řemene	[-]
k <sub>s</sub>	statická bezpečnost	[-]
l <sub>a</sub>	délka profilu a)	[m]
lč	délka čepu pro třecí ložisko	[mm]
l <sub>p2</sub>	délka profilu b)	[m]
l <sub>pr</sub>	délka profilu a)	[m]
l <sub>s</sub>	vzdálenost síly F <sub>m</sub> od vetknutí Z	[mm]
l <sub>st</sub>	výška sloupu k vetknutí	[mm]
l <sub>sv</sub>	délka svaru ložiskového pouzdra	[mm]
l <sub>tbc</sub>	délka profilu b)+c)	[m]
l <sub>tv</sub>	délka kruhové tyče	[m]
l <sub>v</sub>	vzdálenost síly F <sub>v</sub> od osy napínacího šroubu	[mm]
m <sub>D</sub>	hmotnost plastové desky	[kg]

$m_{led}$	hmotnost ledu	[kg]
$m_m$	hmotnost motoru	[kg]
$m_{pl}$	hmotnost profilu a)	[kg]
$m_{sn}$	hmotnost sněhu	[kg]
$m_{tbc}$	hmotnost profilu b)+c)	[Kg]
$n$	otáčky reklamní krychle	$[\frac{ot}{min}]$
$n_m$	otáčky motoru	$[\frac{ot}{min}]$
$p_d$	dovolený tlak	[MPa]
$p_s$	tlak na třící ložisko	[MPa]
$p_t$	tepelný výkon	[W]
$q_c$	spojité zatížení celkové	$[\frac{N}{m^2}]$
$q_{led}$	spojité zatížení od ledu	$[\frac{N}{m^2}]$
$q_{p1}$	spojité zatížení profilu a)	$[\frac{N}{m}]$
$q_{p2}$	spojité zatížení profilu b)	$[\frac{N}{m}]$
$q_{sn}$	spojité zatížení od sněhu	$[\frac{N}{m^2}]$
$q_v$	spojité zatížení od větru	$[\frac{N}{m^2}]$
$q_{vp1}$	spojité zatížení od větru zatěžující profil a)	$[\frac{N}{m}]$
$r$	poloměr kruhové tyče	[mm]

t	čas rozběhu reklamní krychle	[s]
v	rychlost řemene	$[\frac{m}{s}]$
va	výška trojúhelníku tvořící horní podstavu	[mm]
wD	dovolené oteplení	$[\frac{W}{mm^2}]$
A	osová vzdálenost	[mm]
Co	základní statická únosnost ložiska	[KN]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
F	síla na obvodu řemenice	[N]
F <sub>al</sub>	axiální síla působící na kuželíkové ložisko	[N]
F <sub>ct1</sub>	zatížení trojúhelníku tvořící podstavu	[N]
F <sub>dol</sub>	síla působící na třecí ložisko	[N]
F <sub>hor</sub>	radiální síla působící na kuželíkové ložisko	[N]
FKR	kritická síla pro vzpěr	[N]
F <sub>m</sub>	síla z hmotnosti motoru	[N]
F <sub>n</sub>	napínací síla	[N]
F <sub>o</sub>	obvodová síla v řemeni	[N]
F <sub>p1</sub>	síla zatěžující profil a)	[N]
F <sub>p2</sub>	síla zatěžující profil b)	[N]
FQC	maximální síla z axiálního směru	[N]
FQY	reakce v ose y pro vetknutí sloupu	[N]
FQx	reakce v ose x pro vetknutí sloupu	[N]
F <sub>v</sub>	síla od větru	[N]

$F_{v1}$	polovina napínací síly	[N]
$F_{vp1}$	síla od větru na profil a)	[N]
$F_{xz}$	reakce ve vetknutí Z	[N]
$G_v$	zatížení od větru	$[\text{kg} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}]$
$I_c$	celkový moment setrvačnosti	$[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
$I_D$	moment setrvačnosti plastových desek	$[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
$I_L$	moment setrvačnosti ledu	$[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
$I_{\min}$	minimální kvadratický moment pro sloup	$[\cdot \text{m}^4]$
$I_{PL}$	moment setrvačnosti plechu	$[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
$I_s$	moment setrvačnosti sněhu	$[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
$I_{ta}$	moment setrvačnosti profilu a)	$[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
$I_{tbc}$	moment setrvačnosti profilu b)+c)	$[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
$I_v$	moment setrvačnosti profilu d)	$[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$
$L_P$	délka řemene	[mm]
$MO_{KR}$	maximální ohybový moment ve šroubu	$[\text{N} \cdot \text{mm}]$
$MO_{P2}$	maximální ohybový moment profilu b) Z	$[\text{N} \cdot \text{m}]$
$MO_{P1}$	maximální ohybový moment profilu a)	$[\text{N} \cdot \text{m}]$
$MO_{P1X}$	maximální ohybový moment profilu a) roviny X-Z	$[\text{N} \cdot \text{m}]$
$MO_{P1Y}$	maximální ohybový moment profilu a) roviny Y-Z	$[\text{N} \cdot \text{m}]$
$MO_{Q2}$	maximální ohybový moment ve sloupu	$[\text{N} \cdot \text{m}]$
$M_z$	reakční moment ve vetknutí Z	$[\text{N} \cdot \text{mm}]$
$O$	obvod ložiskového pouzdra	[mm]

$O_{t1}$	obvod trojúhelníku tvořící horní podstavu	[mm]
P	stoupání závitu	[mm]
$P_o$	ekvivalentní zatížení kuželékového ložiska	[N]
$R_{AX}$	reakce v ose X v podpěře A	[N]
$R_{AY}$	reakce v ose Y v podpěře A	[N]
$R_{BX}$	reakce v ose X v podpěře B	[N]
$R_{BY}$	reakce v ose Y v podpěře B	[N]
$R_C$	reakce v podpěře C	[N]
$R_D$	reakce v podpěře D	[N]
$R_e$	mez kluzu materiálu	[MPa]
$S_{\check{C}}$	plocha čepu	[ $mm^2$ ]
$S_j$	průřez jáklového profilu	[ $mm^2$ ]
$S_{HP}$	plocha horní podstavy	[ $m^2$ ]
$S_o$	statická bezpečnost ložiska	[-]
$S_{sv}$	nebezpečný průřez svaru	[ $mm^2$ ]
$S_{\check{S}}$	nebezpečný průřez šroubu	[ $mm^2$ ]
$S_t$	délka strany trojúhelníku	[m]
$S_{t1}$	plocha trojúhelníků tvořící horní podstavu	[ $mm^2$ ]
$S_v$	plocha kruhová tyče	[ $mm^2$ ]
T	točivý moment motoru	[ $N \cdot m$ ]
$T_R$	rozběhový točivý moment	[ $N \cdot m$ ]
$T_{mp}$	potřebný točivý moment motoru	[ $N \cdot m$ ]

$T_{ks}$	dotahovací moment	$[N \cdot mm]$
$U$	elektrické napětí	$[V]$
$V_{LED}$	objem ledu	$[mm^3]$
$V_{SN}$	objem sněhu	$[mm^3]$
$W_o$	průřezový modul v ohybu pro jákluv profil	$[mm^3]$
$W_{os}$	průřezový modul v ohybu pro šroub	$[mm^3]$
$W_{osv}$	průřezový modul v ohybu pro svar	$[mm^3]$
$W_{ks}$	průřezový modul v krutu pro šroub	$[mm^3]$
$W_{ksv}$	průřezový modul v krutu pro svar	$[mm^3]$
$Y_o$	výpočtový součinitel pro kuželíkové ložisko	$[-]$
$\alpha_{\xi}$	vrcholový úhel profilu závitu	$[^{\circ}]$
$\beta$	úhel opásání řemenice	$[^{\circ}]$
$\varepsilon$	úhlové zrychlení reklamní krychle	$[\frac{rad}{s^2}]$
$\varphi'$	třesí úhel závitu	$[^{\circ}]$
$\pi$	číslo pí	$[-]$
$\rho_{LED}$	hustota ledu	$[\frac{kg}{m^{\xi}}]$
$\rho_{SNĚ}$	hustota sněhu	$[\frac{kg}{m^{\xi}}]$
$\sigma_d$	tlakové napětí ve šroubu	$[MPa]$
$\sigma_D$	tlakové napětí ve sloupu	$[MPa]$

$\sigma_{DOV}$	dovolené napětí	[MPa]
$\sigma_{OP1}$	maximální ohybové napětí profilu a)	[MPa]
$\sigma_{OP2}$	maximální ohybové napětí profilu b)	[MPa]
$\sigma_{OS}$	ohybové napětí ve šroubu	[MPa]
$\sigma_{REDS}$	redukované napětí ve šroubu	[MPa]
$\sigma_{RED,SV}$	redukované napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{\perp}^F$	smykové napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{\perp}^{MO}$	ohybové napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_S$	krutové napětí ve šroubu	[MPa]
$\tau_{\parallel}^{TR}$	krutové napětí ve svaru	[MPa]
$\omega$	úhlová rychlost reklamní krychle	$\frac{rad}{s}$
$\psi$	úhel stoupání	[°]



# 1.CO JE REKLAMA

## 1.1.HISTORIE

Reklama je jakákoliv placená forma propagace výrobků, služby, společnosti, obchodní značky nebo myšlenky mající za cíl především zvýšení prodeje. Reklama je také známá pod moderním pojmem marketingová kampaň – tento výraz se používá, když obchodník (obecněji nabízející) využije několik komunikačních kanálů zároveň, nebo jejich kombinaci. Například, rozhlasová reklama může vysvětlovat televizní spot apod.

## 1.2.CÍLE

- tvorba silné značky
- zvýšení poptávky
- posílení pozice na trhu
- zlepšování pověsti firmy – pozitivní image
- motivace vlastních pracovníků
- rozšíření distribuční sítě

## 1.3.DRUHY

- televizní reklama
- tisková reklama (Inzerát, Akční leták)
- světelná reklama
- rozhlasové spoty
- mobilní reklama (reklama na autech, dopravních prostředcích apod.)
- venkovní reklama (plakáty, billboardy, atypické reklamní plochy - štíty domů, ploty apod.)
- propagační předměty (např. trička nebo propisky s nápisem nebo logem propagované firmy atd.)

## 2.ÚVOD

V této bakalářské práci se budu zabývat venkovní reklamou. Venkovních reklam je mnoho druhů. Ať jsou to různé billboardy, fasádní reklamní plochy, plakáty a mnoho jiných různých reklamních aplikací. Tyto reklamy mohou být statické, nebo pohyblivé.

V mém případě se zabývám pohyblivou reklamou. A to reklamou která bude mít tvar krychle s průsvitnými stěnami, která se bude otáčet rychlostí maximálně 2.5 otáček za minutu. Takový reklamní poutač bude umístěn v obydleném místě na chodníku v maximální výšce 4 metrů, která zajistí, že jeho pohyb nebude být moc úmyslně blokován kolemjdoucími.

Při konstrukčním řešení a volbě materiálu se musí dbát na to, aby bylo řešení co nejlehčí, ale zároveň musí být dostatečně pevné a tuhé, aby dokázalo odolávat zatěžujícím a povětrnostním podmínkám.

Druh a výkonnost pohonové jednotky bude navržen z pozdějšího vypracovaného konstrukčního návrhu a vypočteného točivého momentu.

### 2.1.PRŮZKUM TRHU

Obor reklamy a marketingu, je díky konkurenci firem, zcela zásadní pro prodej výrobků. Každá firma chce zviditelnit své výrobky a tím zvednout odbyt a hlavně firemní zisky.

Proto není divu, že také ve zprostředkování reklamy figuruje velká konkurence nabízející všelijaké druhy reklam.

Z těchto firem vyrábějící reklamní poutače jsem vybral jen některé, které se zabývají konstrukcí, kdy je nosná část v klidu a otáčí se samotná reklama.

#### 2.1.1.M.A.S. výroba osvětlovací techniky

Tato firma se vyskytuje na trhu už od roku 1992, kdy vstoupila na trh jako firma zabývající se vývojem konstrukcí a výrobou různých osvětlovacích zařízení. Souběžně s oblastí osvětlení se začala firma zabývat výrobou zakázkové reklamy: zpočátku světelné, posléze

pohyblivé a otočné. Vyvinuli vlastní systém pohonu otočných reklam, v provedení pro stolní, až pro velké otočné stojany pro výstavnictví, reklamu nebo orientační systémy.

M.A.S.výroba osvětlovací techniky používá pro své otočné reklamy motorky z produkce firmy Regulace Automatizace Nový Bor (pro menší kroutící momenty), nebo pro větší motory MEZ Mohelnice. Oboje druhy motorů jsou použity s převodovkou. Protože je ale každá reklama kus od kusu jiná, ještě je dále zpřevodována. Většinou používají převod kroutícího momentu přes řemeny různých typů. To zajišťuje, že při větší zátěži nedojde k poškození pohonu a převodovky. [10]



Obr. 2.1. poutač M.A.S



Obr. 2.2. poutač M.A.S

### 2.1.2.SPEL PRAHA

Specializuje se na venkovní světelné otočné reklamní nosiče. Reklamní motiv bývá nalepen na desky z opálového plexiskla tvořící vnější stěny reklamního nosiče, nebo je za čirým plexi umístěn plakát. Reklama má vnitřní zářivkové osvětlení s příkonem dle velikosti reklamy a potřebné intenzity osvětlení.

Z materiálů pro konstrukci reklamních poutačů se nejčastěji používají hliníkové profily, nebo ocel s antikorozní povrchovou úpravou.

Otáčení bývá obvykle spojitě s rychlostí 1 až 2 ot./min. Lze též dodat otáčení nespojitě po úhlových segmentech za určitý časový úsek.

Další informace o způsobu pohonu a volbě pohonné jednotky nelze uveřejnit, protože je tyto informace firma SPEL PRAHA třetím stranám neposkytuje. [9]



Obr. 2.3. poutač SPEL PRAHA



Obr. 2.4. poutač SPEL PRAHA

Kromě této konstrukce se na trhu vyskytuje také otočná reklama lamelová. V tomto případě je reklamní plocha tvořena z tenkých lamel, které jsou umístěny otočně, těsně vedle sebe. Lamela může mít většinou dvě nebo tři plochy. Na těchto plochách je nalepena reklama. Díky krokovému otáčení všech lamel získáváme několik reklam na jedné reklamní ploše. Tomuto poutači se ve své úloze nebudu věnovat.



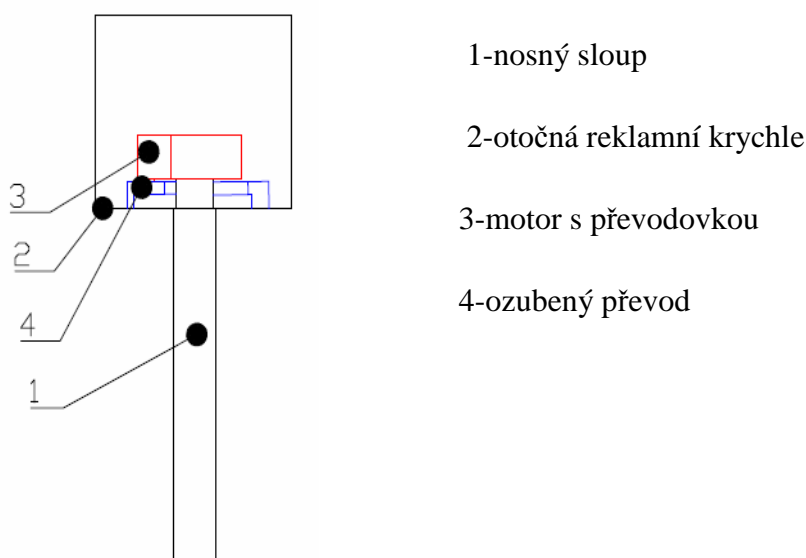
Obr. 2.5. lamelový poutač

### 3.KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ÚKOLU

#### 3.1.ŘEŠENÍ SE SLOUPOVOU KONSTRUKCÍ

a)POHÁNĚCÍ JEDNOTKA JE ULOŽENA UVNITŘ POUTAČE S OZUBENÝM PŘEVODEM

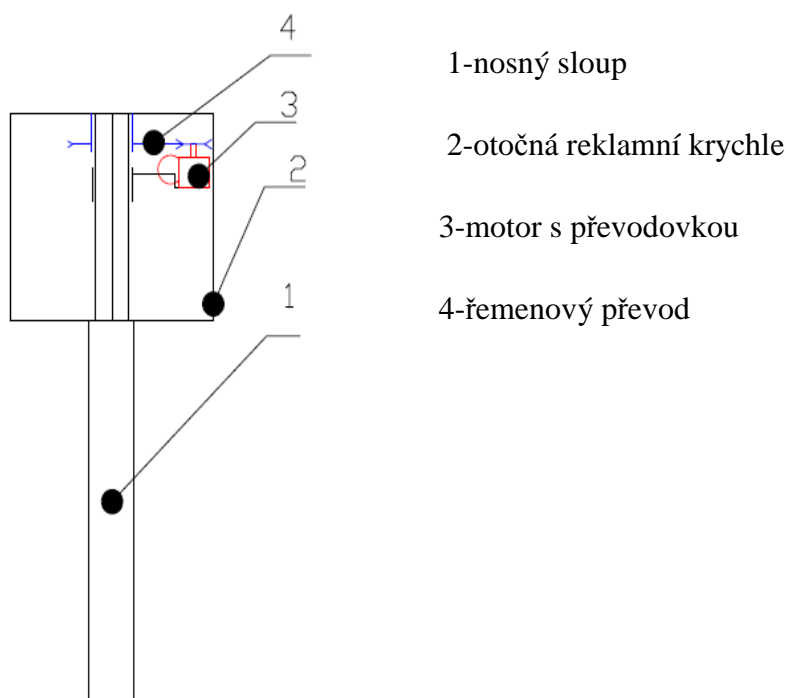
U tohoto řešení je otáčející se krychle nasazena na nosném sloupu a je uložena pomocí kuželíkových ložisek zajišťující přenos jak radiálních, tak axiálních sil. Pohonná jednotka (motor, převodovka) je zde umístěna na speciálně navrženém držáku. Po složení reklamní krychle a sloupu se tento držák našroubuje zevnitř kostky na sloup a zaretuje se, pomocí stavěcího šroubku, proti pootočení. K tomuto držáku se poté připevní motor a převodovka. Na výstupním válcovém konci převodovky je umístěno ozubené kolo, které pohání reklamní krychli přes ozubený věnec přišroubovaný k otočné části poutače.



Obr.3.1. sloupová konstrukce s ozubeným převodem

b)POHÁNĚCÍ JEDNOTKA JE ULOŽENA UVNITŘ POUTAČE S ŘEMENOVÝM PŘEVODEM

Otáčející krychle je umístěna opět na nosném sloupu. Ten prochází skrz celou krychli a je uložen opět pomocí kuželíkového ložiska v horní stěně krychle. Ve spodní stěně je sloup uložen v kluzném pouzdře. Ke spodní části krychle je pomocí přivařené příruby umístěna řemenice. Motor s převodovkou je opět uchycen v držáku, který je pomocí svěrného spoje přichycen k nosnému sloupu. Na válcovém konci je umístěna hnací řemenice.

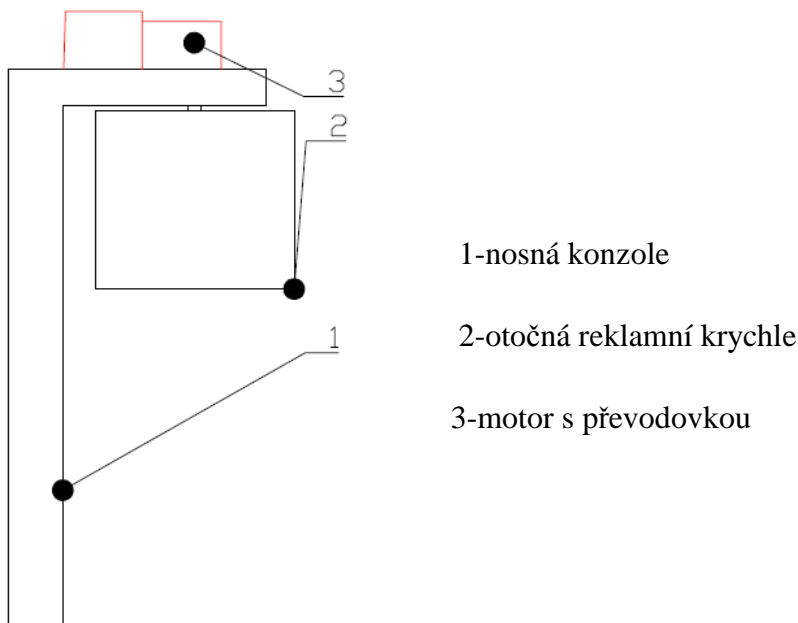


Obr. 3.2. sloupová konstrukce s řemenovým převodem

### 3.2.ŘEŠENÍ S KONZOLOVOU KONSTRUKCÍ

#### a)POHÁNĚCÍ JEDNOTKA JE ULOŽENA VENKU S PLANETOVOU PŘEVODOVKOU

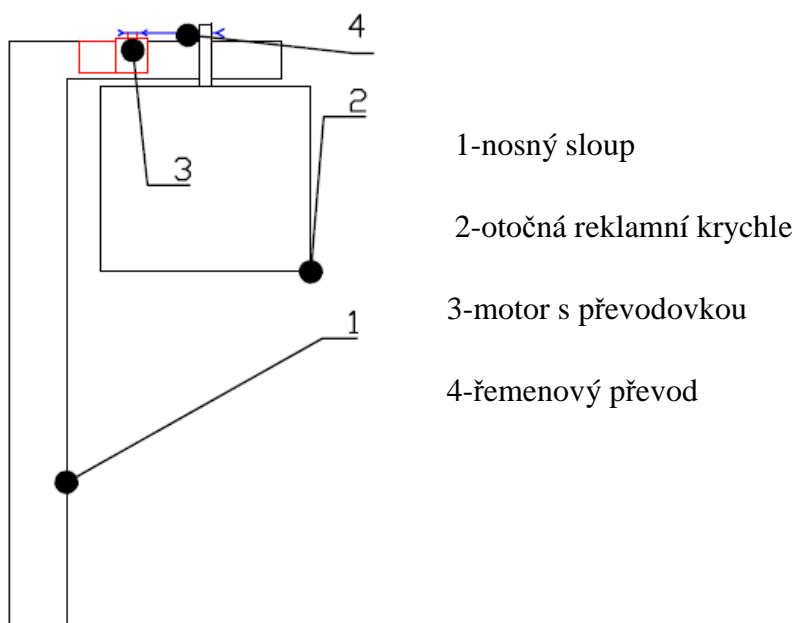
Otočná krychle je zde uložena opět pomocí kuželíkového ložiska na konci nosné konzole tak, že válcový konec jde skrz konzol. Na tento válcový konec převodovky připojíme pomocí spojky planetovou převodovku s motorem, která má převodové číslo takové, aby splnilo podmínku, že se krychle bude otáčet rychlostí max. 2,5 ot/min.



Obr.3.3 konzolová konstrukce s planetovou převodovkou

#### b)POHÁNĚCÍ JEDNOTKA JE ULOŽENA VENKU ŘEMENOVÝM PŘEVODEM

Tento konstrukční návrh použijeme v případě, že budeme chtít zařízení pojistit proti přetížení. Uložení otočné krychle bude úplně stejné, jako v předchozím případě v návrhu c). Rozdíl bude v tom, že na válcový konec hřídele umístíme řemenici. Motor s převodovkou na jejímž výstupu bude umístěna hnací řemenice bude umístěna z boku konzole na přivařeném držáku s napínáním.

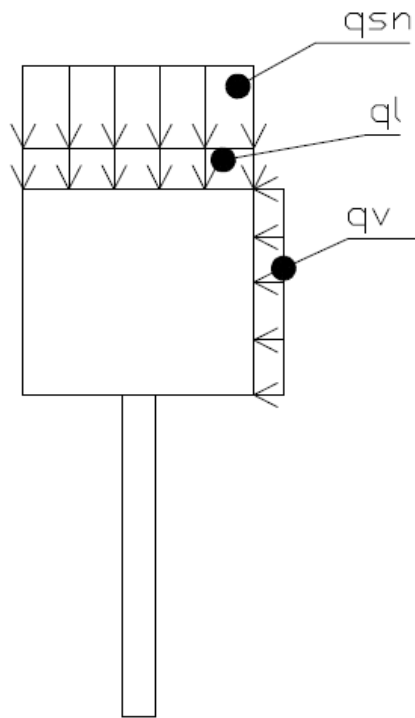


Obr. 3.4. konzolová konstrukce s řemenovým převodem

V této práci jsem se rozhodl řešit poutač se sloupovou konstrukcí s poháněcí jednotkou uvnitř a s řemenovým převodem

## 4. Výpočet zatížení poutače

Otočný reklamní poutač bude zatížen především silou větru. V zimním období vznikne kromě namáhání od větru také namáhání od sněhu a ledu, který se nahromadí na horní podstavě reklamní krychle.



Obr.4.1. zatížení reklamního poutače

### 4.1. Zatížení od větru

Vítr bude působit spojitě na boční stěnu reklamní krychle. Pro další dimenzování budeme předpokládat, že poutač bude vystaven síle větru Orkánu. Z Beaufortovy stupnice jsem zvolil zatížení  $G_v = 70 \text{ kg} / \text{m}^2$

Síla působící na  $1 \text{m}^2$  :

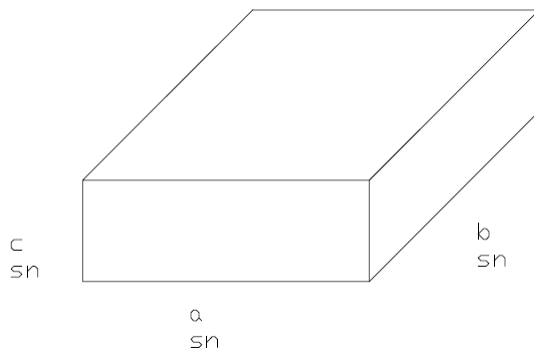
$$q_v = G_v \cdot g = 70 \cdot 9.81 = 686,465 \text{ N} / \text{m}^2 \quad (4.1.)$$

### 4.2. Zatížení od sněhu



Pro pevnostní výpočet budeme předpokládat, že sníh bude navrstven až na tloušťku 300 mm. Předpokládám, že sníh bude velmi mokrý. Proto volím hustotu sněhu dle [5]

$$\zeta_{sn.} = 500 \frac{kg}{m^3}$$



Obr.4.2.vrstva sněhu

objem sněhu:

$$V_{sn} = a_{sn} \cdot b_{sn} \cdot c_{sn} = 1 \cdot 1 \cdot 0,3 = 0,3 m^3 \quad (4.2.)$$

hmotnost sněhu:

$$G_{sn} = V_{sn} \cdot \zeta_{sn} = 0,3 \cdot 500 = 150 kg \quad (4.3.)$$

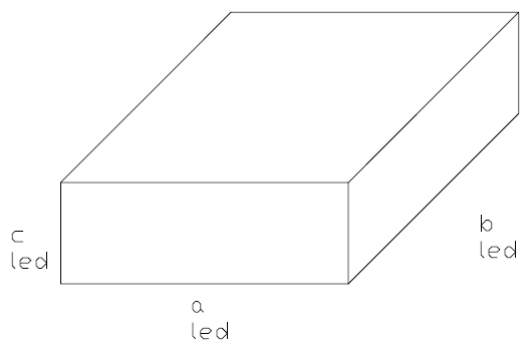
síla sněhu působící na  $1 m^2$ :

$$q_{sn} = \frac{G_{sn}}{S_{HP}} \cdot g = \frac{150}{1 \cdot 1} \cdot 9,81 = 1471,5 \frac{N}{m^2} \quad (4.4.)$$

#### 4.3.Zatížení od ledu

Pro pevnostní výpočet budeme předpokládat, že led bude navrstven až na tloušťku

200 mm. Hustota ledu je dle [5]  $\zeta_{led.} = 920 \frac{kg}{m^3}$



Obr.4.3. vrstva ledu

objem ledu:

$$V_{led} = a_{led} \cdot b_{led} \cdot c_{led} = 1 \cdot 1 \cdot 0,2 = 0,2 m^3 \quad (4.5.)$$

hmotnost ledu:

$$G_{led} = V_{led} \cdot \zeta_{led} = 0,2 \cdot 920 = 184 kg \quad (4.6.)$$

Síla ledu působící na  $1 m^2$  :

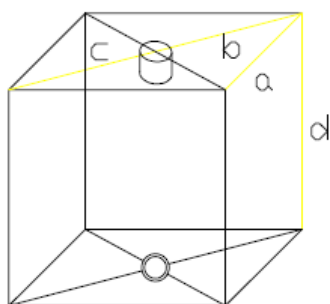
$$q_{led} = \frac{G_{led}}{S} \cdot g = \frac{184}{1 \cdot 1} \cdot 9,81 = 1804,423 \frac{N}{m^2} \quad (4.7.)$$

#### 4.4.Celkové zatížení

$$q_c = q_{led} + q_{sn} = 1804,423 + 1470,997 = 3275,421 \frac{N}{m^2} \quad (4.8.)$$

## 5. Konstrukční návrh reklamní krychle

Konstrukce reklamní krychle bude svařena z hliníkových jřklových profilů. Délka hrany krychle je 1m. Horní podstava krychle bude vyztuřena závětrováním. K tomuto závětrování bude uprostřed zevnitř krychle přivařeno domeček lořiska. Spodní podstava bude také závětrována. Toto závětrévání bude přivařeno ke kluznému lořisku umístěné uprostřed spodní podstavy. Horní i spodní podstava bude zakryta plechem.

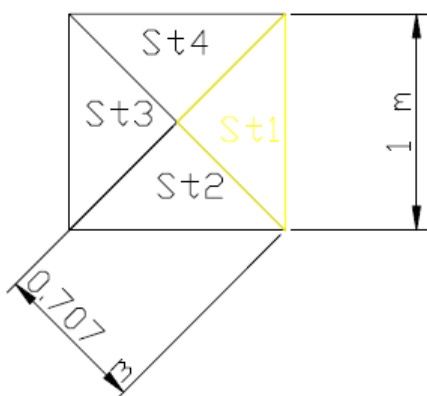


Obr.5.1. konstrukce otočné krychle

### 5.1. Rozložení zatížení na jednotlivé profily

#### 5.1.1. Rozložení zatížení od ledu a sněhu

Toto zatížení působí na horní podstavu, která je tvořena čtvercem se závětrováním. Závětrování rozdělí čtverec na čtyři stejné trojúhelníky, na které působí plošné zatížení  $q_c$ .



Obr.5.2. horní podstava otočné reklamní krychle

plocha jednoho trojúhelníku:

$$S_{t1} = \frac{a \cdot v_a}{2} = \frac{1 \cdot 0.5}{5} = 0.25 m^2 \quad (5.1.)$$

zatížení trojúhelníku:

$$F_{ct1} = q_c \cdot S_{t1} = 3275.421 \cdot 0.25 = 818,855 N \quad (5.2.)$$

obvod trojúhelníku:

$$O_{t1} = a + 2 \cdot s_t = 1 + 2 \cdot 0.707 = 2,414 m \quad (5.3.)$$

Zatížení rozdělíme na profily tvořící trojúhelník podle délky těchto profilu. Rozdělení jsem provedl podle množství procent zajímavící délku obvodu trojúhelníku.

100% z obvodu:

$$O_{t1} = 2,414 m = 100\% \quad (5.4.)$$

1% z obvodu

$$\frac{O_{t1}}{100} = \frac{2,414}{100} = 0,02414 m = 1\% \quad (5.5.)$$

Profil o délce 1m tvoří

$$\frac{l_{pr}}{0,02414} = \frac{1}{0,02414} = 41,425\% \text{ obvodu trojúhelníku.} \quad (5.6.)$$

Profil o délce 0,707m tvoří

$$\frac{l_{pr}}{0,02414} = \frac{0,707}{0,02414} = 29,287\% \text{ obvodu trojúhelníku} \quad (5.7.)$$

100% zatížení:

$$q_{ct1} = 818,855 N = 100\% \quad (5.8.)$$

1% zatížení

$$\frac{q_{ct1}}{100} = \frac{818,855}{100} = 8,18855 = 1\% \quad (5.9.)$$

Rozdělení zatížení:

$$\text{Profil o délce 1m} \quad F_{p1} = 41,425 \cdot 8,18855 = 339,210N \quad (5.10.)$$

$$\text{Profil o délce 0.707m} \quad F'_{p2} = 29,287 \cdot 8,18855 = 239,818N \quad (5.11.)$$

Profily o délce 0.707m tvoří společnou stranu pro dva trojúhelníky. Proto musíme zatížení, které zatěžuje tento profil, být dvojnásobné.

$$F_{p2} = 2 \cdot F'_{p2} = 2 \cdot 239,818 = 479,636N \quad (5.12.)$$

### 5.1.2. Rozložení zatížení od větru

Toto zatížení působí na boční stěnu. Tato stěna je tvořena čtverem, který tvoří profily o délce 1m.

Zatížení jednoho profilu:

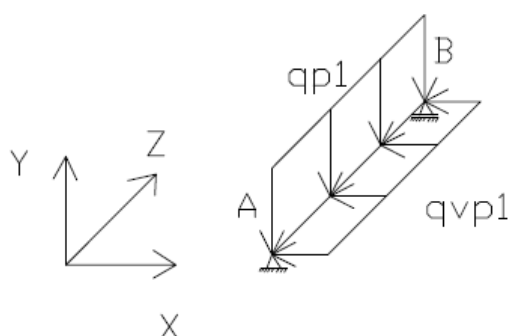
$$q_{vp1} = \frac{q_v}{4} = \frac{686,465}{4} = 171,616 \frac{N}{m} \quad (5.13.)$$

## 6. Pevnostní kontrola kontrola profilu

Reklamní krychle bude svařena z jáklových profilu (čtvercová trubka) ze slitiny hliníku EN AW-6082 ( $R_e = 180 \text{ MPa}$ ) o rozměrech  $30 \times 30 \times 4$ . Volím z [11]

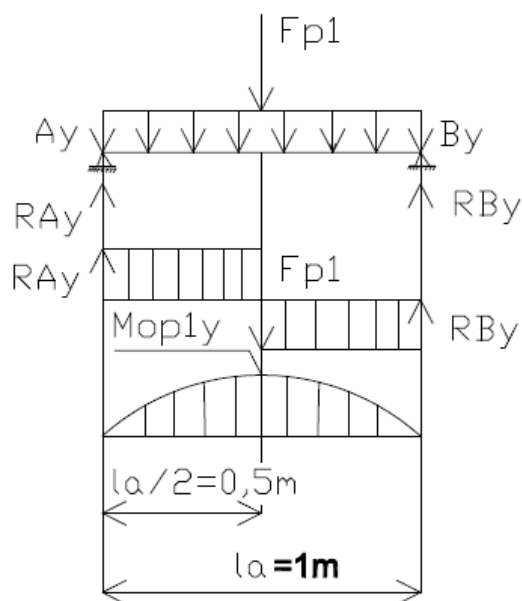
### 6.1. Kontrola profilu a).

Tento profil je zatížen jak sněhem a ledem, tak větrem. Pro zjednodušení budu předpokládat, že se jedná o nosník na dvou podpěrách. Jedna podpora bude pevná otočná a druhá kluzná otočná. Nosič řeším ve dvou rovinách. V rovině X-Z a Y-Z.



Obr.6.1. zatížení profilu a).

Rovina Y-Z:



Obr.6.2. průběh posouvajících sil a ohybových momentu v rovině Y-Z (profil a).)

spojité zatížení profilu:

$$q_{p1} = \frac{F_{p1}}{la} = \frac{339,210}{1} 339,210 \frac{N}{m} \quad (6.1.)$$

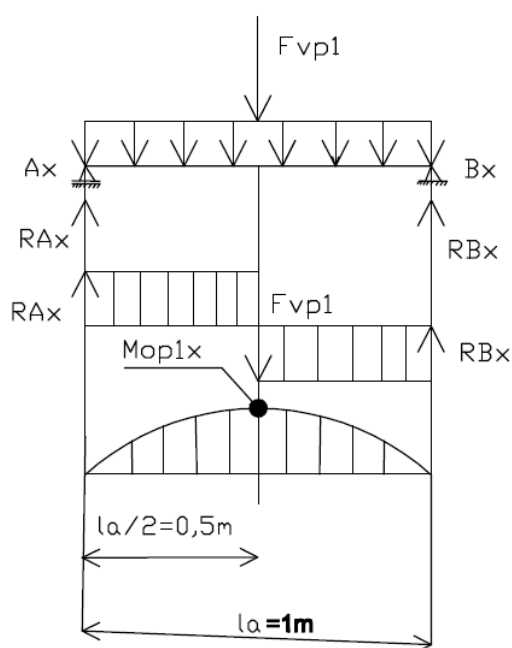
reakce ve směru y:

$$R_{Ay} = R_{By} = \frac{F_{p1}}{2} = \frac{339,210}{2} 169,605 N \quad (6.2.)$$

maximální ohybový moment:

$$M_{op1y} = R_{ay} \cdot 0,5 - q_{p1} \cdot 0,5 \cdot 0,25 = 169,605 \cdot 0,5 - 339,210 \cdot 0,5 \cdot 0,25 = 42,401 N \cdot m \quad (6.3.)$$

Rovina X-Z



Obr. 6.3. průběh posouvajících sil a ohybových momentu v rovině X-Z (profil a).)

síla nahrazující spojité zatížení od větru:

$$F_{vp1} = \frac{q_{vp1}}{l} = \frac{171,616}{1} = 171,616 N \quad (6.4.)$$

reakce ve směru x :

$$R_{Ax} = R_{Bx} = \frac{F_{vp1}}{2} = \frac{171.616}{2} = 85,808N \quad (6.5.)$$

maximální ohybový moment:

$$M_{op1x} = R_{ax} \cdot 0,5 - q_{vp1} \cdot 0,5 \cdot 0,25 = 85,808 \cdot 0,5 - 171,616 \cdot 0,5 \cdot 0,25 = 21,452N \cdot m \quad (6.6.)$$

výsledný maximální ohybový moment:

$$M_{op1} = \sqrt{M_{op1x}^2 + M_{op1y}^2} = \sqrt{21,452^2 + 42,401^2} = 47,518N \cdot m \quad (6.7.)$$

výsledné maximální napětí:

$$\sigma_{op1} = \frac{M_{op1}}{W_o} = \frac{47518}{2725,34} = 17MPa \quad (6.8.)$$

dovolené napětí:

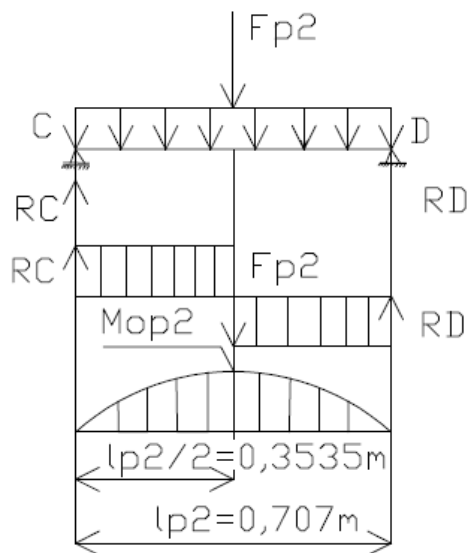
$$\sigma_{Dov} = \frac{Re}{K_s} = \frac{180}{2} = 90MPa \quad (6.9.)$$

$$\sigma_{op1} < \sigma_{Dov} \Rightarrow \text{Profil vyhovuje}$$

## 6.2.Kontrola profilu b).

Tento profil je zatížen pouze silou od sněhu a ledu. Pro zjednodušení budeme předpokládat, že jde o nosník na dvou podporách zatížený spojitě.





Obr. 6.4. průběh posouvajících sil a ohybových momentu v rovině X-Z (profil b).)

Spojitě zatížení působící na profil b):

$$q_{p2} = \frac{F_{p2}}{l_{p2}} = \frac{479,636}{0,707} = 678,410 \frac{N}{m} \quad (6.10.)$$

Reakce v podporách:

$$R_C = R_D = \frac{F_{p2}}{2} = \frac{479,636}{2} = 239,818N \quad (6.11.)$$

Maximální ohybový moment:

$$\begin{aligned} M_{op2} &= R_C \cdot 0,3535 - q_{p2} \cdot 0,3535 \cdot 0,17675 = \\ &= 239,818 \cdot 0,3535 - 678,410 \cdot 0,3535 \cdot 0,17675 = 42,386N \cdot m \end{aligned} \quad (6.12.)$$

maximální ohybové napětí:

$$\sigma_{op2} = \frac{M_{op2}}{W_o} = \frac{42386}{2725,34} = 15,5MPa \quad (6.13.)$$

Dovolené napětí:

$$\sigma_{Dov} = \frac{Re}{K_s} = \frac{180}{2} = 90MPa \quad (6.14.)$$

$$\sigma_{op2} < \sigma_{Dov} \Rightarrow \text{Profil vyhovuje}$$

Charakter zatížení ostatních profilů nám dovoluje vynechat jejich kontrolu. Ostatní profily jsou namáhány menším zatížením.

## 7. Výpočet rozběhového momentu

### 7.1. Výpočet jednotlivých momentu setrvačnosti otáčejících se částí

Moment setrvačnosti ledové vrstvy počítáme, jako moment setrvačnosti obdélníkové desky.

$$I_L = \frac{1}{12} \cdot m_{led} \cdot (a_{led}^2 + b_{led}^2) = \frac{1}{12} \cdot 184 \cdot (1^2 + 1^2) = 30,66 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.1.)$$

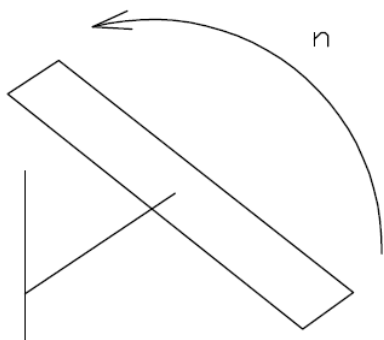
Moment setrvačnosti sněhu se počítá obdobně, jako u ledu.

$$I_S = \frac{1}{12} \cdot m_{sne} \cdot (a_{sne}^2 + b_{sne}^2) = \frac{1}{12} \cdot 150 \cdot (1^2 + 1^2) = 25 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.2.)$$

Moment setrvačnosti plechu pokrývající horní podstavu reklamní krychle.

$$I_{Pl} = \frac{1}{12} \cdot m_{Pl} \cdot (a^2 + b^2) = \frac{1}{12} \cdot 14 \cdot (1^2 + 1^2) = 2,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.3.)$$

Moment setrvačnosti profilu a) se zjednodušením, jako by se jednalo o prizmatickou tyč posunutou od osy otáčení o vzdálenost  $e_t = 0,5 \text{ m}$ .



Moment setrvačnosti tyče otáčející se v ose otáčení:

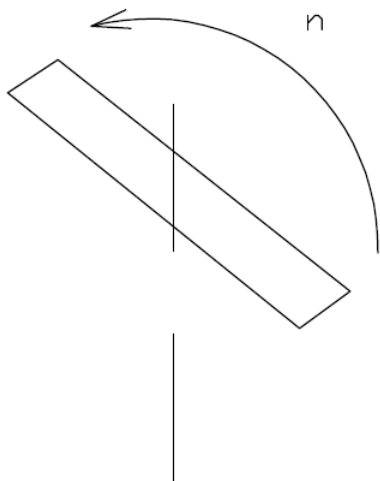
$$I'_{tA} = \frac{1}{12} \cdot m_{tA} \cdot l_{tA}^2 = \frac{1}{12} \cdot 1,12 \cdot 1^2 = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.4.)$$

Moment setrvačnosti tyče posunutě o  $e_t = 0,5 \text{ m}$ :

$$I_{tA} = I'_{tA} + m_{tA} \cdot e_t^2 = 0,1 + 1,12 \cdot 0,5^2 = 0,38 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.5.)$$

Obr.7.1. prizmatická tyč nahrazující profil a)

Moment setrvačnosti profilu b) a c) se počítá se zjednodušením, jako by šlo o prizmatickou tyč otáčející se kolem osy procházející svým středem.

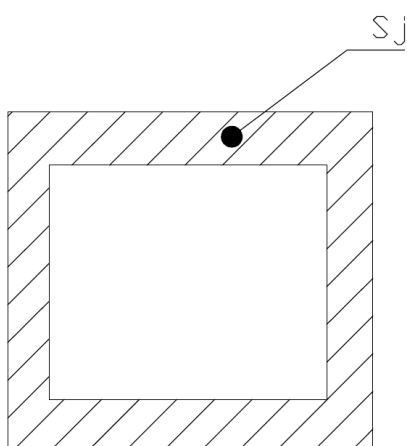


Obr. 7.2. prizmatická tyč nahrazující profil b) a c)

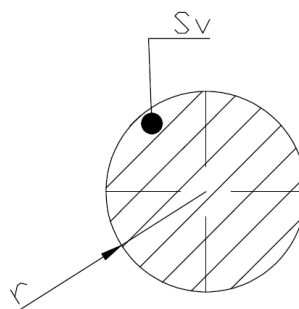
Moment setrvačnosti tyče otáčející se v ose otáčení:

$$I_{IBC} = \frac{1}{12} \cdot m_{IBC} \cdot l_{IBC}^2 = \frac{1}{12} \cdot 1,58368 \cdot 1,414^2 = 0,263 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.6.)$$

Moment setrvačnosti profilu D se počítá se zjednodušením jako by šlo o válec s neznámým poloměrem  $r$ . Tento válec je vzdálený od osy otáčení o vzdálenost  $e_v = 0,707 \text{ m}$ . Neznámý poloměr spočítáme z rovnosti obsahu ploch.



Obr.7.3. plocha jáklového profilu



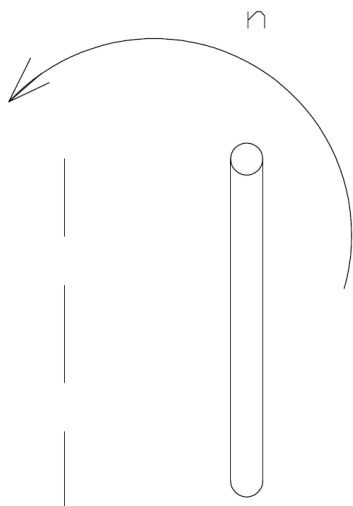
Obr.7.4. plocha tyče nahrazující jáklův profil

Plocha jeklového profilu:

$$S_J = a_{JVE}^2 - a_{JVN}^2 = 30^2 - 22^2 = 416 \text{ mm}^2 \quad (7.7.)$$

Poloměr kruhové tyče:

$$S_J = S_V = \pi \cdot r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{S_V}{\pi}} = \sqrt{\frac{416}{3,14}} = 11,5 \text{ mm} \quad (7.8.)$$



Obr.7.5. náhradní tyč za profil d)

Moment setrvačnosti tyče otáčející se v ose otáčení:

$$I'_V = \frac{1}{4} \cdot m_V \cdot (r^2 + \frac{1}{3} l_{TV}^2) = \frac{1}{4} \cdot 1,12 \cdot (0,0115^2 + \frac{1}{3} \cdot 1^2) = 0,093 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \approx 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.9.)$$

Moment setrvačnosti tyče posunutý o  $e_v = 0,707 \text{ m}$ :

$$I_V = I'_V + m_V \cdot e_v^2 = 0,1 + 1,12 \cdot 0,707^2 = 0,654 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.10.)$$

Moment setrvačnosti plastových desek se počítá zase se zjednodušením, jako pro prizmatickou tyč posunutou od osy otáčení o vzdálenost  $e_d = 0,5 \text{ m}$ . Předpokládána váha desky bude  $m_D = 4,2 \text{ kg}$ .

Moment setrvačnosti plastové desky otáčející se v ose otáčení:

$$I'_D = \frac{1}{12} \cdot m_D \cdot a^2 = \frac{1}{12} \cdot 4,2 \cdot 1^2 = 0,35 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7.11.)$$

Moment setrvačnosti plastové desky posunuté o  $e_d = 0,5m$  :

$$I_D = I'_D + m_D \cdot e_D^2 = 0,35 + 4,2 \cdot 0,5^2 = 1,4 kg \cdot m^2 \quad (7.12.)$$

## 7.2. Výpočet celkového momentu setrvačnosti

$$I'_C = I_L + I_S + I_{Pl} + 8 \cdot I_{tA} + 4 \cdot I_{tBC} + 4 \cdot I_V + 4 \cdot I_D =$$

$$30,66 + 25 + 2,3 + 8 \cdot 0,38 + 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,659 + 4 \cdot 1,4 = 70,427 kg \cdot m^2 \quad (7.13.)$$

Protože jsme používali zjednodušení a nezapočítali jsme momenty setrvačnosti některých, zatím neznámých prvků (řemenice, domeček pro ložisko, ...), navýšíme moment setrvačnosti na hodnotu  $I_C = 75 kg \cdot m^2$

## 7.3. Výpočet rozběhového momentu

Pro rozběh budeme požadovat, aby se reklamní krychle rozběhla na požadované otáčky za čas  $t = 2s$  .

Úhlová rychlost otočné krychle:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot \frac{2,5}{60} = 0,261 rad \cdot s^{-1} \quad (7.14.)$$

Úhlové zrychlení otočné krychle:

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{0,261}{2} = 0,1305 rad \cdot s^{-2} \quad (7.15.)$$

Rozběhový moment:

$$T_R = I_C \cdot \varepsilon = 75 \cdot 0,1305 = 9,787 N \cdot m \approx 10 N \cdot m \quad (7.16.)$$

## 8. Výpočet řemenového převodu

Pro pohon reklamního poutače použijeme převodový motor od firmy Atas PCJ4C32 .[8]

Parametry motoru:

$$T = 12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$P = 57 \text{ W}$$

$$n_m = 5,1 \frac{\text{ot.}}{\text{min}}$$



Průměr velké řemenice bude  $\Phi d_{\check{R}2} = 222 \text{ mm}$ .

Obr.8.1 motor Atas PCJ4C32

Převodové číslo:

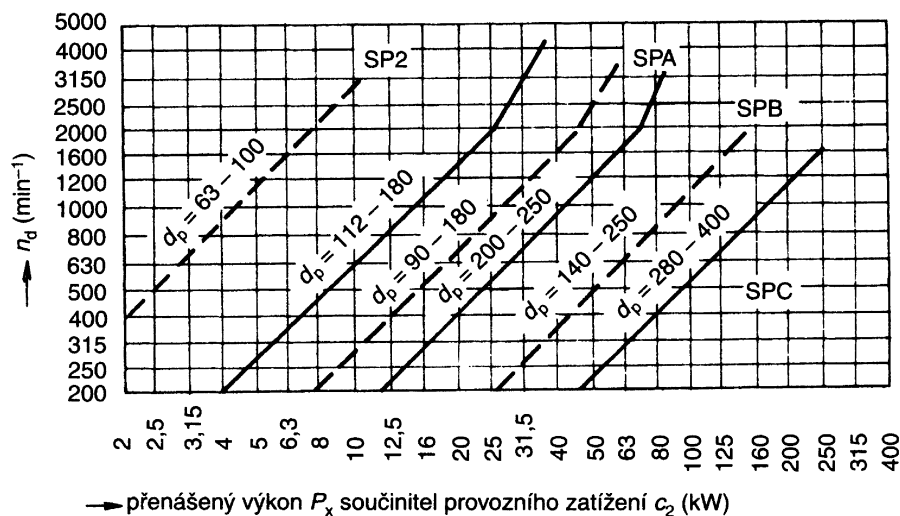
$$i_{1,2} = \frac{n_m}{n} = \frac{5,1}{2,5} = 2,04 \quad (8.1.)$$

Průměr malé řemenice:

$$d_{\check{R}1} = \frac{d_{\check{R}2}}{i_{1,2}} = \frac{222}{2,04} = 108,8 \text{ mm} \quad (8.2.)$$

Rychlost řemene:

$$v = \frac{d_{\check{R}1} \cdot n_m}{19100} = \frac{108,8 \cdot 5,1}{19100} = 0,02905 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (8.3.)$$



Obr.8.2. diagram k určení velikosti průřezu řemene [4]

Z diagramu .....se určí průřez úzkého klínového řemene SPZ.

Výpočet rozmezí osové vzdálenosti:

$$\begin{aligned} 0,7 \cdot (d_{\check{R}1} + d_{\check{R}2}) &\prec A \prec 2 \cdot (d_{\check{R}1} + d_{\check{R}2}) \\ 0,7 \cdot (108,8 + 222) &\prec A \prec 2 \cdot (108,8 + 222) \\ 231,57 \text{ mm} &\prec A \prec 661,6 \text{ mm} \end{aligned} \quad (8.4.)$$

Volím osovou vzdálenost  $A = 250 \text{ mm}$ .

Úhel  $\frac{\beta}{2}$ :

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{d_{\check{R}2} - d_{\check{R}1}}{2 \cdot A} = \frac{222 - 108,8}{2 \cdot 250} = 0,22636 \quad (8.5.)$$

$$\frac{\beta}{2} = \arccos(\cos \frac{\beta}{2}) = \arccos 0,22636 = 76,917^\circ \quad (8.6.)$$

úhel  $\alpha_0$ :

$$\alpha_0 = 90^\circ - \frac{\beta}{2} = 90^\circ - 76,917^\circ = 13,083^\circ \quad (8.7.)$$

Výpočtová délka řemene:

$$\begin{aligned} L_p &= 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{\check{R}1} + d_{\check{R}2}) + \frac{\pi \cdot \alpha_0}{180^\circ} \cdot (d_{\check{R}2} + d_{\check{R}1}) = \\ &= 2 \cdot 250 \cdot \sin 76,917^\circ + \frac{3,14}{2} \cdot (222 + 108,8) + \frac{3,14 \cdot 13,083}{180^\circ} \cdot (222 + 108,8) = \\ &= 1032,513 \text{ mm} \end{aligned} \quad (8.8.)$$

Volím: ŘEMEN SPZ 1037 LW 9,5 x 1038 La RUBENA. [12]

$$f_0 = 0,35$$

$$f = f_0 + 0,012 \cdot v = 0,35 + 0,012 \cdot 0,02905 = 0,35034 \quad (8.9.)$$

$$f_k = \frac{f}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{0,35034}{\sin 76,917} = 0,3596 \quad (8.10.)$$

Potřebný točivý moment motoru:

$$T_{mp} = \frac{T_R}{i_{1,2}} = \frac{9,787}{2,04} = 4,9019 N \cdot m \quad (8.11.)$$

Tečná síla působící na obvodu malé řemenice:

$$F = \frac{2 \cdot T_{mp}}{d_{\dot{r}1}} = \frac{2 \cdot 4,9019}{0,10882} = 90,091 N \quad (8.12.)$$

Úhel  $\beta$ :

$$\beta = 2 \cdot \frac{\beta}{2} = 2 \cdot 76,917^\circ = 153,834^\circ = 2,684 rad \quad (8.13.)$$

Součinitel prokluzu:

$$k = 1,3$$

Obvodová síla působiví v řemeni:

$$F_0 = k \cdot \frac{F}{2} \cdot \frac{e^{f_k \cdot \beta} + 1}{e^{f_k \cdot \beta} - 1} = 1,3 \cdot \frac{90,091}{2} \cdot \frac{2,718^{0,3596 \cdot 2,684} + 1}{2,718^{0,3596 \cdot 2,684} - 1} = 130,630 N \quad (8.14.)$$

polovina napínací síly:

$$\cos \alpha = \frac{F_{n1}}{F_0} \Rightarrow F_{n1} = \cos \alpha \cdot F_0 = \cos 13,083 \cdot 130,630 = 127,239 N \quad (8.15.)$$

Celková napínací síla:

$$F_n = 2 \cdot F_{n1} = 2 \cdot 127,239 = 254,478 N \quad (8.16.)$$



## 9. Kontrola šroubu napínání řemenice

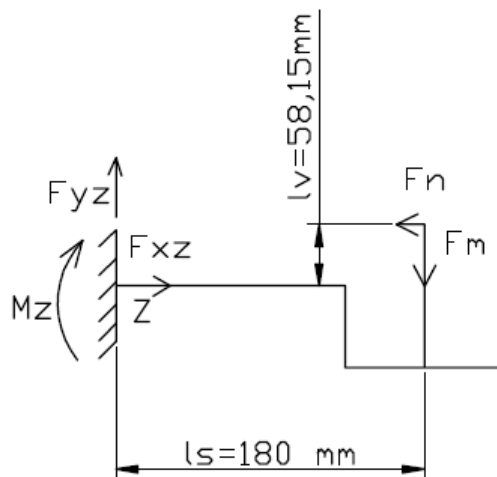
Parametry šroubu:

Šroub M16

$P = 2\text{ mm}$

$d_2 = 14,701\text{ mm}$

$d_3 = 13,546\text{ mm}$



Obr.9.1. schéma napínání řemene

Síla z hmotnosti motoru a převodovky:

$$F_m = m_m \cdot g = 5 \cdot 9,81 = 49,022\text{ N} \quad (9.1.)$$

Reakční síla působící ve směru x:

$$F_{xz} = F_v = 254,478\text{ N} \quad (9.2.)$$

Reakční síla působící ve směru y:

$$F_{yz} = F_m = 49,022\text{ N} \quad (9.3.)$$

Reakční moment:

$$M_z = -F_m \cdot l_s + F_n \cdot l_v = -49,022 \cdot 180 + 254,478 \cdot 58,15 = 5971,860\text{ N} \cdot \text{mm} \quad (9.4.)$$

Napínací šroub je kromě krutu a tlaku namáhán také přídatným ohybem.

$$f_s = 0,11$$

$$F_n = 254,478\text{ N}$$

$$\alpha_s = 60^\circ$$

Úhel stoupání závitů:

$$\Psi = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{2}{3,14 \cdot 14,701} = 2,479^\circ \quad (9.5.)$$

Úhel součinitele tření v závitové drážce:

$$\varphi' = \arctg \frac{f_s}{\cos \frac{\alpha_s}{2}} = \arctg \frac{0,11}{\cos 30} = 7,238^\circ \quad (9.6.)$$

Napětí šroubu v krutu:

$$\tau_s = \frac{T_{KS}}{W_{KS}} = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{16}} = \frac{F_n \cdot \operatorname{tg}(\Psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{16}} = \quad (9.7.)$$

$$\frac{254,478 \cdot \operatorname{tg}(2,479 + 7,238) \cdot \frac{14,709}{2}}{\frac{3,14 \cdot 13,546^2}{16}} = 0,656 \text{ MPa}$$

Napětí šroubu v tahu:

$$\sigma_{ds} = \frac{Fn}{S_s} = \frac{Fn}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{254,476}{\frac{3,14 \cdot 13,546^2}{4}} = 1,765 \text{ MPa} \quad (9.8.)$$

Napětí šroubu v ohybu

$$\sigma_{0s} = \frac{M_{OKRT}}{W_{0s}} = \frac{M_v - F_m \cdot l_{0m}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{64}} = \frac{14797,800 - 49,033 \cdot 65}{\frac{3,14 \cdot 13,546^3}{64}} = 47,579 \text{ MPa} \quad (9.9.)$$

Redukované napětí:

$$\sigma_{redS} = \sqrt{(\sigma_{ts} + \sigma_{0s})^2 + 4 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{(1,765 + 47,579)^2 + 4 \cdot 0,656^2} = 49,413 \text{ MPa} \quad (9.10.)$$

Šroub je vyroben z oceli 11 373.0

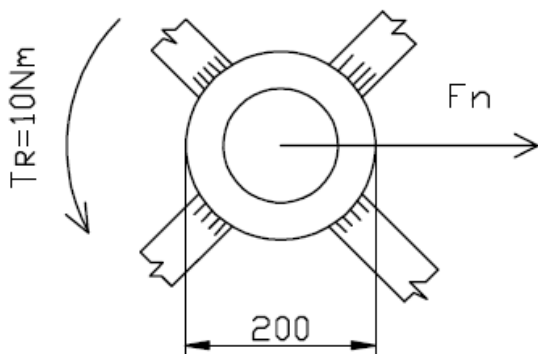
$$Re_s = 186 \text{ MPa}$$

Bezpečnost šroubu:

$$k = \frac{Re_s}{\sigma_{redS}} = \frac{186}{49,413} = 3,764 \quad (9.11.)$$

## 10.Kontrola svaru držící ložiskové pouzdro ke konstrukci krychle.

Pouzdro je ke konstrukce reklamní krychle přivařeno čtyřmi koutovými svary k závětrování. Svary nejsou po celém obvodu. Proto pro pevnostní kontrolu nejdřív zjistím kolik procent obvodu svar zaujímá a tuto hodnotu pak použiji pro výpočet nosného průřezu svaru. Jeden svar má rozměry  $z = 3mm$   $l'_{sv} = 29,145mm$



Obr.10.1. náčrt ložiskového pouzdra

Obvod ložiskového pouzdra:

$$O = \pi \cdot d_{PO} = 3,14 \cdot 200 = 628,318mm \quad (10.1.)$$

$$O = 628,318mm = 100\%$$

1% z obvodu:

$$\frac{O}{100} = \frac{628,318}{100} = 6,28318 = 1\% \quad (10.2.)$$

Celková délka svaru:

$$l_{sv} = 4 \cdot l'_{sv} = 4 \cdot 29,145 = 116,560mm \quad (10.3.)$$

Svar zaujímá z obvodu:

$$\frac{l_{sv}}{1\%} = \frac{116,560}{6,28318} = 18\% \quad (10.4.)$$

Krutové napětí na svaru:

$$\tau_{\parallel}^{TR} = \frac{T_R}{Wk_{SV}} = \frac{T_R}{\frac{\pi}{32} \cdot \left[ (d + 2 \cdot a)^4 - d^4 \right] \cdot 0,18} = \frac{10000}{\frac{3,14}{32} \cdot \left[ (200 + 2 \cdot 3)^4 - 200^4 \right] \cdot 0,18} =$$

$$\frac{d}{\frac{d}{2} + a} = 0,18 \quad \frac{200}{\frac{200}{2} + 3} = 0,18 \quad (10.5.)$$

$$= 0,290 MPa$$

Smykové napětí na svaru:

$$\tau_{\perp}^F = \frac{Fn}{S_{SV}} = \frac{Fn}{\frac{\pi}{4} \cdot \left[ (d + 2 \cdot a)^2 - d^2 \right] \cdot 0,18} = \frac{254,476}{\frac{3,14}{4} \cdot \left[ (200 + 2 \cdot 3)^2 - 200^2 \right] \cdot 0,18} =$$

$$= 0,738 MPa$$

Ohybové napětí na svaru:

$$\tau_{\perp}^{Mo} = \frac{Mosv}{Wo_{SV}} = \frac{Fn \cdot 57}{\frac{\pi}{64} \cdot \left[ (d + 2 \cdot a)^4 - d^4 \right] \cdot 0,18} = \frac{254,476 \cdot 57}{\frac{3,14}{64} \cdot \left[ (200 + 2 \cdot 3)^4 - 200^4 \right] \cdot 0,18} =$$

$$\frac{d}{\frac{d}{2} + a} = 0,18 \quad \frac{200}{\frac{200}{2} + 3} = 0,18 \quad (10.7.)$$

$$= 0,842 MPa$$

Redukované napětí na svaru:

$$\sigma_{redsv} = \sqrt{\left( \frac{\tau_{\perp}^{Mo}}{k_3} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{\perp}^F}{k_3} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{\parallel}^T}{k_4} \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{0,842}{0,75} \right)^2 + \left( \frac{0,738}{0,75} \right)^2 + \left( \frac{0,290}{0,65} \right)^2} =$$

$$= 1,55 MPa$$

Pevnostní podmínka:

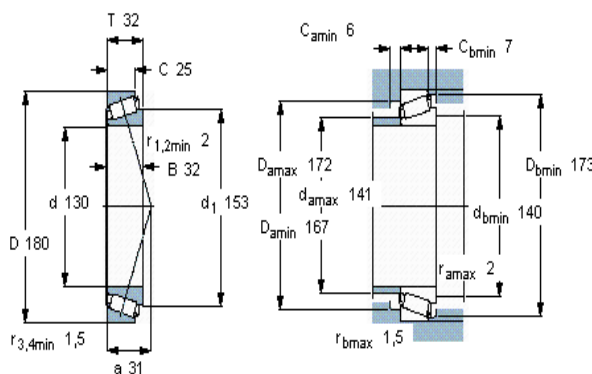
$$\sigma_{redsv} \leq \beta_{sv} \cdot \sigma_{Dt} = \beta_{sv} \cdot \frac{Re}{k_s} = 1,21 \cdot \frac{180}{2} = 108,9 MPa \quad (10.9.)$$

## 11.Kontrola ložisek

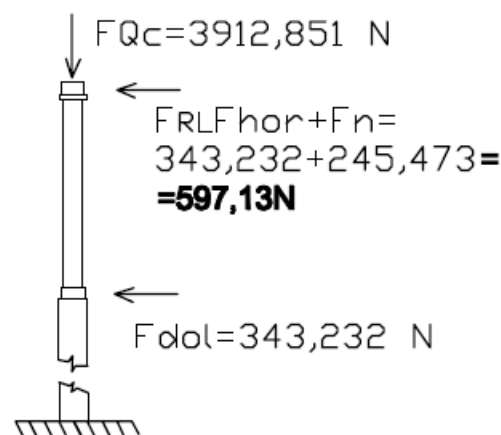
Uložení reklamy bude zajištěno v horní části reklamní krychle pomocí valivého ložiska a v dolní části reklamní krychle pomocí kluzného ložiska. Reklama se otáčí pouze 2,5 ot/min. Z toho důvodu můžeme dynamickou kontrolu valivého ložiska zanedbat a ložisko zkontrolujeme pouze staticky. Kluzné ložisko pak kontrolujeme na otláčení a dovolené otáčky.

### 11.1.Volba valivého ložiska

Ložisko volíme kuželíkové, abychom byli schopni zachytit jak radiální, tak axiální sílu. VOLÍM LOŽISKO 32926 ČSN 02 4720. [6]



Obr. 11.1 ložisko 32926 ČSN 02 4720



Obr.11.2 Zatížení ložisek Parametry

$$d_{loz} = 130mm$$

$$D_{loz} = 180mm$$

$$C_0 = 365KN$$

$$e = 0,33$$

$$Y_0 = 1$$

$$F_{hor} = \frac{F_v}{2} = 343,232N$$

Hmotnost reklamní krychle je  $m_{RP} = 65 kg$

Výpočet síly z hmotnosti reklamní krychle, ledu a sněhu:

$$F_{QC} = q_c \cdot S + m_{RP} \cdot g = 3275,421 \cdot 1 + 65 \cdot 9,806 = 3912,851 N$$

Výpočet ekvivalentního zatížení a bezpečnosti

Síla působící na kuželíkové ložisko v radiálním směru:

$$F_{RL} = F_{hor} + F_n = \frac{686,465}{2} + 254,478 = 597,713N \quad (11.1.)$$

Síla působící na kuželíkové ložisko v axiálním směru:

$$F_{aL} = F_{qc} = 3912,851N \quad (11.2.)$$

Ekvivalentní zatížení:

$$P_0 = 0,5 \cdot F_{hor} + Y_0 \cdot F_{aL} = 0,5 \cdot 597,713 + 1 \cdot 3912,851 = 4211,707N \quad (11.3.)$$

Statická bezpečnost kuželíkového ložiska:

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{365000}{4211,707} = 86,66 \quad (11.4.)$$

$$S_0 > 2 \Rightarrow \text{Ložisko vyhovuje}$$

## 11.2.Kontrola kluzného ložiska na otlačení a oteplení

Tlak působící na plochu ložiska:

$$p_s = \frac{F_v}{l_{\epsilon} \cdot d_{\epsilon}} = \frac{686,465}{59,44 \cdot 145} = 0,039MPa \quad (11.5.)$$

$$p_s \leq p_D \Rightarrow \text{Ložisko vyhovuje na otlačení}$$

Výpočet dovolených otáček:

$$\frac{P_t}{S\check{c}} = \frac{F_{dol} \cdot v}{S\check{c}} = \frac{f_{\epsilon} \cdot p_s \cdot \pi \cdot d_{\epsilon} \cdot n}{60} \quad (11.6.)$$

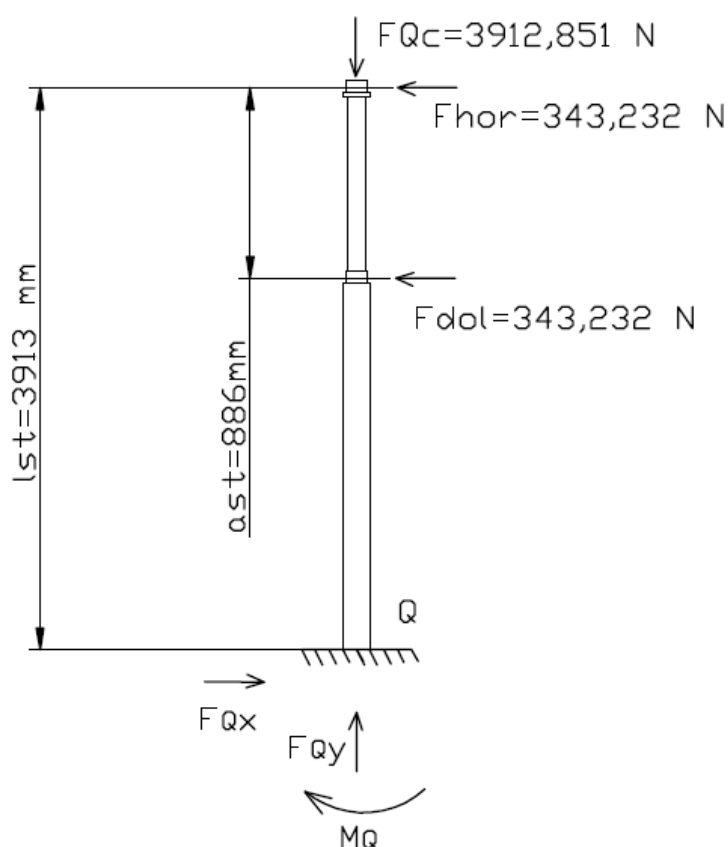
$$\frac{P_t}{S} \leq p_D \Rightarrow n = \frac{60 \cdot w_D}{f_{\epsilon} \cdot d_{\epsilon} \cdot p_s \cdot \pi} = \frac{60 \cdot 2}{0,01 \cdot 0,039 \cdot 3,14 \cdot 145} = 675,45 \frac{ot}{min} \quad (11.7.)$$

$$f_{\epsilon} = 0,01$$

$$w_D = 2 \frac{W}{mm^2}$$

## 12.Kontrola nosného stožáru

Nosný stožár bude svařen z několika částí. Většina sloupu bude vyrobena z trubky 168,3 x 4 z oceli 11 343.0 ( $R_e = 180\text{MPa}$ ). Na té pak bude navařen dutý válec o výšce 10mm, který slouží k redukci na menší průměr čepu. Na tento čep bude opět navařena trubka 121 x 4 na jejíž konci bude navařen opět čep pro ložisko. Hmotnost reklamní krychle je  $m_{RP} = 65\text{ kg}$



Obr.12.1 zatížení sloupu

$$F_{Qc} = q_c \cdot S + m_{RP} \cdot g = 3275,421 \cdot 1 + 65 \cdot 9,806 = 3912,851\text{ N}$$

Reakce ve směru osy y:

$$F_{Qy} = F_{Qc} = 3912,851\text{ N} \quad (12.1.)$$

Reakce ve směru osy x:

$$F_{Qx} = F_{hor} + F_{dol} = 343,232 + 343,232 = 686,464\text{ N} \quad (12.2.)$$

Reakční moment:

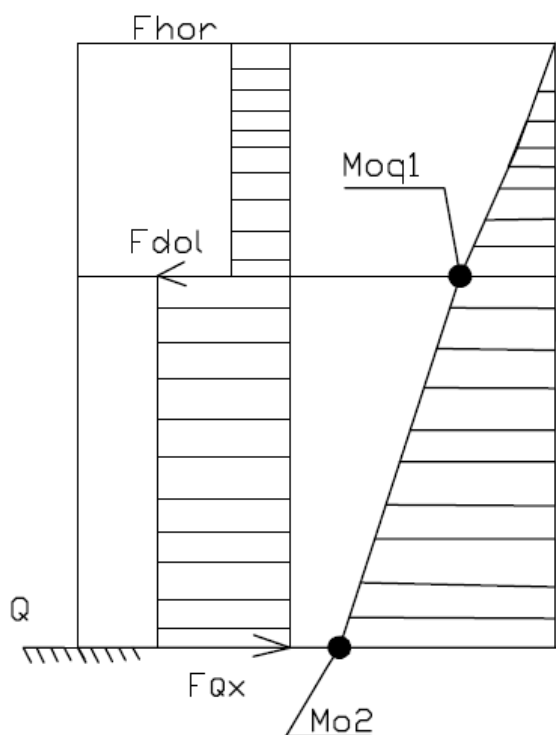
$$M_Q = -F_{hor} \cdot l_{st} - F_{dol} \cdot (l_{st} - b_{st}) = -343,232 \cdot 3913,03 - 343,232 \cdot (3913,03 - 886) = 2382050,674 N \cdot mm \quad (12.3.)$$

Ohybový moment místě působení síly  $F_{dol}$ :

$$M_{oQ1} = F_{hor} \cdot b_{st} = 343,232 \cdot 886 = 304103,55 N \cdot mm \quad (12.4.)$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{oQ2} = M_Q = 2382050,674 N \cdot mm \quad (12.5.)$$



Obr.12.2 Průběhy posouvajících sil a ohybového napětí



## 12.1 Kontrola na vzpěr:

$$F_{KR} \geq F_{QC}$$

Kritická vzpěrná síla:

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(n \cdot l^2)} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)}{(n \cdot l^2)} =$$

$$= \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{3,14}{64} \cdot (168,3^4 - 160,3^4)}{(2 \cdot 3913^2)} = 235\,900\,N \quad (12.6.)$$

## 12.2 Kontrola na ohyb a tlak

Redukované napětí sloupu:

$$\sigma_{red} = \sigma_{0\max} + \sigma_D = \frac{M_{oQ2}}{W_0} + \frac{F_{QC}}{S} = \frac{M_{oQ2}}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{(D_{SL}^4 - d_{SL}^4)}{D_{SL}}} + \frac{F_{QS}}{\frac{\pi \cdot (D_{SL}^2 - d_{SL}^2)}{4}} =$$

$$\frac{2382050,674}{\frac{3,14}{32} \cdot \frac{(168,3^4 - 160,3^4)}{168,3}} + \frac{3912,851}{\frac{3,14 \cdot (168,3^2 - 160,3^2)}{4}} = 32,44\,MPa \quad (12.7.)$$

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{DOV}$$

$$\sigma_{red} \leq \frac{Re_{SL}}{k_s}$$

$$32,44 \leq \frac{180}{2} = 90 \Rightarrow \text{Sloup vyhovuje na ohyb}$$

### 13.Provozní pokyny

Pro to, aby reklamní poutač fungoval správně a nedošlo k havárii zařízení. Musí se striktně dodržovat provozní podmínky a termíny kontrol s případnými opravami. Před spuštěním poutače je nutno dohlédnout, aby byly ložiska řádně namazány vhodným plastickým mazivem. Dále musíme zkontrolovat správné napnutí řemene. Při pravidelných kontrolách musíme sledovat a měnit stav maziva a už zmíněné předpětí řemene. Kontrolujeme taky stav tohoto řemene a v případě špatné kondice jej měníme.

Poutač je umístěn ve venkovních prostorách, kde na něj působí povětrnostní podmínky. Z toho důvodu jej musíme řádně zatěsnit proti vniknutí vody a prachu, aby nedošlo k poškození vnitřního ústrojí. K zatěsnění reklamy bude použit akrylový tmel.

Konstrukce reklamní krychle je vyrobena z hliníkových jāklových profilu a proto ji už nemusíme opatřovat antikoročním nátěrem. Ovšem nosný sloup a napínací zařízení jsou vyrobeny z oceli, která může korodovat. Proto je nutné tyto části opatřit ochranným nátěrem.

Na konstrukci reklamní krychle je přišroubována plexiskla s větší odolností, RESIST 45 s tloušťkou 3mm. Na tyto plexiskla je nalepena, nebo natištěna reklama.

## 14.Závěr

Mým úkolem v této práci bylo vytvořit konstrukční návrh dle zadaných podmínek. Tento návrh jsme měli dále pevnostně zkontrolovat a popřípadě upravit, aby pevnostně vyhověl. Můžu říct, že jsem tento úkol splnil a výsledkem mého snažení je otočný reklamní poutač, který vyhovuje všem zadaným podmínkám. Konstrukce reklamní krychle je zhotovena tak, aby byla lehká a přitom velmi tuhá. K bočním stěnám jsou pomocí hliníkových profilů přichyceny plastové skla s nalepenou nebo netištěnou reklamou.

Jako pohon jsem navrhl motor s převodovkou. Přenos točivého momentu z motoru na otočnou reklamní krychli je realizován řemenovým převodem. Toto řešení zajišťuje pojištění zařízení proti přetížení.

Nosný sloup je navržen jako svařenec, který je svařen z dutých částí, aby bylo možno uvnitř něj vést elektrické vedení. Sloup je přichycen pomocí betonu. Kotvení není součástí bakalářské práce.

V této práci jsem se pokoušel o kontrolu všech kritických míst. Rozsah však neumožňuje, aby byly zkontrolovány všechny části, proto jsem provedl hlavně kontroly, které považuji za nezbytné.

V tomto závěru bych chtěl poděkovat svému vedoucímu ing. Danielu Pišťáčkovi, Ph.D. za jeho ochotu a pomoc s problémy, které se vyskytly během řešení této práce.

## Seznam použité literatury:

- [1] Kaláb, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2008. ISBN 978-80-248-1860-3
- [2] Kaláb, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [3] Kaláb, K.: *Návrh a výpočet řemenového převodu*. Vysokoškolská příručka. VŠB-TU Ostrava. Ostrava 2008. [www.347.vsb.cz](http://www.347.vsb.cz)
- [4] Leinveber, J. Vávra P.: *Strojnické Tabulky*. Albatros-pedagogické nakladatelství. Úvaly 2003. ISBN 80-86490-74-2
- [5] Mikulčák, J a spol.: *Matematické fyzikální chemické tabulky*. Státní pedagogické nakladatelství. Praha 1968. SPN 85-16-11
- [6] Katalog SKF- *Kuželíková ložiska*
- [7] [www.plexisklo.eu](http://www.plexisklo.eu)
- [8] [www.atas.cz](http://www.atas.cz)
- [9] [www.hodiny-spel.cz](http://www.hodiny-spel.cz)
- [10] [www.mas-light.cz](http://www.mas-light.cz)
- [11] [www.alupa.cz](http://www.alupa.cz)
- [12] [www.remeny-retezy.cz](http://www.remeny-retezy.cz)

## Seznam příloh:

Příloha 1	Výkres sestavy otočného poutače BC-KSS-01-01-01
Příloha 2	Výrobní výkres ložiskového pouzdra a velké řemenice BC-KSS-02-01
Příloha 3	CD s bakalářskou prací